

PROYECTO DE GRADO: INVESTIGACIÓN

**ANÁLISIS DE LAS PTAPS Y LEVANTAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE LAS
VEREDAS SANTA BÁRBARA Y CUBIA DE BOJACÁ, PARA INVESTIGAR SUS
CARACTERÍSTICAS DE CAPACIDAD Y CALIDAD Y RECOMENDACIONES A
FUTURO**

Yesika Paola López Ramos

Trabajo de grado

Para optar al título de Ingeniera Civil

Director:

Oscar Baquero Ángel

Codirector:

Sergio Miguel González Palacios

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	8
1. GENERALIDADES.....	9
1.1 Descripción Del Problema.....	9
1.2 Antecedentes.....	9
1.3 Justificación.....	10
1.4 Objetivos	11
1.4 .1 Objetivo general.....	11
1.4.2 Objetivos específicos.....	11
2. MARCO CONCEPTUAL.....	12
2.1 Agua potable	12
2.2 Calidad del agua	12
2.2.1 Turbiedad	12
2.2.2 Color	12
2.2.3 pH.....	12
2.2.4 Dureza	12
2.2.5 Alcalinidad	13
2.2.6 Cloro residual	13
2.3 Operaciones de una Planta de Tratamiento	13
2.3.1 Mezcla Rápida	13
2.3.2 Dosificación.....	13

2.3.3	<i>Coagulación- Floculación</i>	13
2.3.4	<i>Sedimentación</i>	14
2.3.5	<i>Filtración</i>	14
2.3.6	<i>Desinfección</i>	14
3	MARCO TEÓRICO	15
3.1	Localización de las PTAPS	15
3.2	Captaciones	15
3.3	Calidad del agua	17
3.3.1	<i>Calidad del agua cruda</i>	17
3.3.2	<i>Calidad del agua tratada</i>	25
4	ANÁLISIS DE RESULTADOS	32
4.1	Análisis de población	32
4.1.1	<i>Tasa de crecimiento y proyección poblacional</i>	32
4.2	Dotación	33
4.2.1	<i>Dotación neta máxima</i>	34
4.2.2	<i>Dotación bruta</i>	34
4.2.3	Caudales de diseño	35
4.3	Calidad del agua	38
4.4	Procesos de tratamiento del agua.....	39
4.5	Localización geográfica.....	40
4.6	Distribución de las estructuras.....	43
4.6.1	<i>Santa Bárbara</i>	43

4.6.2	<i>Cubia</i>	51
4.7	Análisis cuantitativo de los componentes de las PTAPS	55
4.7.1	<i>Santa Bárbara</i>	56
4.7.2	<i>Vereda Cubia</i>	59
4.8	Influencia en proyectos futuros.....	60
4.8.1	<i>Región Metropolitana de la Sabana</i>	61
4.8.2	<i>Regiotram de occidente</i>	61
4.8.3	<i>Ampliación del aeropuerto El Dorado</i>	62
5	CONCLUSIONES	64
6	RECOMENDACIONES	65
7	REFERENCIAS	67

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Localización PTAP veredales. Fuente propia.....	15
Figura 2 Captación vereda Santa Bárbara. Fotografía tomada por Javier Aponte (operario PTAP)	16
Figura 3 Captación vereda Cubia. Fuente propia.	16
Figura 4 Ensayo de laboratorio Agua Cruda vereda Santa Bárbara mes de enero 2021	19
Figura 5 Ensayo de laboratorio Agua Cruda vereda Santa Bárbara mes febrero 2021	20
Figura 6 Ensayo de laboratorio Agua Cruda vereda Santa Bárbara mes abril 2021	21
Figura 7 Ensayo de laboratorio Agua Cruda vereda Cubia mes enero 2021.....	22
Figura 8 Ensayo de laboratorio Agua Cruda vereda Cubia mes febrero 2021.....	23
Figura 9 Ensayo de laboratorio Agua Cruda vereda Cubia mes abril 2021	24
Figura 10 Ensayo de laboratorio Agua Tratada vereda Santa Bárbara mes enero 2021	26
Figura 11 Ensayo de laboratorio Agua Tratada vereda Santa Bárbara mes febrero 2021	27
Figura 12 Ensayo de laboratorio Agua Tratada vereda Santa Bárbara mes abril 2021	28
Figura 13 Ensayo de laboratorio Agua Tratada vereda Cubia mes enero 2021	29
Figura 14 Ensayo de laboratorio Agua Tratada vereda Cubia mes febrero 2021	30
Figura 15 Ensayo de laboratorio Agua Tratada vereda Cubia mes abril 2021.....	31
Figura 16 Gráfica de proyección de población de las veredas por método geométrico. Fuente propia.	33
Figura 17 Identificación catastral predio PTAP Santa Bárbara. Fuente: IGAC.....	40
Figura 18 Plano de localización geográfica PTAP Santa Bárbara. Fuente: propia.	41
Figura 19 Identificación catastral predio PTAP Cubia. Fuente: IGAC.	42
Figura 20 Plano de localización geográfica PTAP Cubia. Fuente: propia.	43
Figura 21 Entrada de agua cruda. Fuente propia.	44
Figura 22 Floculadores de flujo vertical. Fuente propia.....	44
Figura 23 Canal de entrada a los sedimentadores. Fuente propia.	45

Figura 24	Módulo de decantación y canal de transporte de agua sedimentada. Fuente propia.	45
Figura 25	Canal de distribución de agua sedimentada. Fuente Propia.	46
Figura 26	Lecho filtrante. Fuente propia.	47
Figura 27	Cámara de agua filtrada. Fuente propia.	47
Figura 28	Canal de recolección de agua filtrada. Fuente propia.	48
Figura 29	Tubería que conduce el agua filtrada al tanque de almacenamiento. Fuente propia.	48
Figura 30	Tanque de almacenamiento visto desde adentro. Fuente propia.	49
Figura 31	Almacenamiento de productos químicos. Fuente propia.	50
Figura 32	Almacenamiento de tuberías y accesorios. Fuente propia.	50
Figura 33	Cuarto de máquinas. Fuente propia.	51
Figura 34	Pozo de succión. Fuente propia.	51
Figura 35	Tanques de filtración. Fuente propia.	52
Figura 36	Aplicación de cloro y soda caustica. Fuente propia.	53
Figura 37	Tanques de dosificación de desinfectante y corrector de pH. Fuente propia.	53
Figura 38	Tanque de almacenamiento. Fuente propia.	54
Figura 39	Tanque de almacenamiento. Fuente propia.	54
Figura 40	Motobombas. Fuente propia.	55
Figura 41	Almacenaje de productos químicos. Fuente propia.	55

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Valores aceptables para los parámetros de agua cruda y tratada.....	17
Tabla 2 Recopilación de datos poblacionales de las veredas	32
Tabla 3 Proyección de población veredas Santa Bárbara y Cubia.....	33
Tabla 4 Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.....	34
Tabla 5 Proyección de la demanda de dotación de la vereda Santa Bárbara hasta el año 2050..	37
Tabla 6 Proyección de la demanda de dotación de la vereda Cubia hasta el año 2050	37
Tabla 7 Coordenadas PTAP Santa Bárbara	41
Tabla 8 Coordenadas PTAP Cubia	42
Tabla 9 Recopilación Tasa de Retención Hidráulica según diferentes autores.	57
Tabla 10 Recopilación rangos de Retención Hidráulica de los floculadores.	57
Tabla 11 Recopilación rangos de Carga Hidráulica de diferentes autores.	58

INTRODUCCIÓN

Esta evaluación se realizó, en las veredas Santa Bárbara y Cubia del municipio de Bojacá, departamento de Cundinamarca. Su finalidad es entregar al municipio los planos arquitectónicos y de localización de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable que abastecen estas dos veredas, con el fin de que este proyecto de investigación y sus anexos, sirvan de consulta, de las condiciones actuales, documentos que no se tienen y sean la base para mejoras inmediatas y la realización de futuros estudios. Adicionalmente, se recopila información acerca de la calidad del agua potable que producen las PTAPS, su localización geográfica, las fuentes hídricas que las surten, la posible influencia en los proyectos previstos en la región donde se encuentra y además se realizan recomendaciones para mejorar la operación y el mantenimiento de las mismas. Estas recomendaciones se hacen de acuerdo a la normatividad vigente (Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico 0330 de 2017 y la Resolución 0844 de 2018 del ministerio de vivienda, Ciudad y Territorio).

Los datos recopilados en este proyecto fueron emitidos por la Oficina de Servicio Públicos del municipio de Bojacá y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), siendo esta, la información referente a los datos de calidad de agua y fuentes hídricas que surten a las PTAP en cuestión.

1. GENERALIDADES

1.1 Descripción Del Problema

En la actualidad el municipio de Bojacá- Cundinamarca opera un sistema de tres (3) acueductos que cumplen la función de captar y tratar el agua para dotar a toda la población, de los cuales dos de estos acueductos no cuentan con sus respectivos planos, los faltantes corresponden a los acueductos de la vereda Cubia y la vereda Santa Bárbara, por lo que es necesario hacer el levantamiento de los planos de las PTAP, además estos acueductos captan sus aguas de diferentes fuentes superficiales y pozos profundos, a los cuales se desea hacer un análisis de capacidad y calidad a futuro, basándonos en los datos históricos que se encuentran en los archivos de la CAR y en la Oficina de Servicios Públicos del municipio, y **tomando datos en campo** para hacer su debido análisis y recomendaciones operativas y de mantenimiento.

1.2 Antecedentes

El consumo del agua potable es importante para el ser humano. De acuerdo con sus características particulares debe ser sometida a un tratamiento adecuado previo al consumo. Dentro del agua pueden existir microorganismos patógenos, partículas y otras sustancias suspendidas o en solución que alteran las condiciones óptimas, que puedan perjudicar la salud del consumidor.

Desde la antigüedad las características del agua han influido en el desarrollo social y el bienestar de las comunidades, a pesar que el agua en esa época era menos contaminada por el hombre, esta era sometida a diferentes tratamientos para mejorarla que consistía en oxigenar el agua en pilas de cascada y filtradas en telas o recipientes de tela porosa, con el fin eliminar los compuestos orgánicos volátiles, los cuales son los responsables de darle sabor y olor al agua, así como partículas en suspensión generadoras de turbiedad y hervir el agua para quitar posibles agentes productores de enfermedades hídricas.

En la actualidad aún se utiliza la aireación del agua junto a otros procesos en los cuales se le aplican sustancias para corregir: el pH, la dureza, acidez, alcalinidad, hierro y turbiedad del agua y otras características propias de cada fuente dando cumplimiento a las normas establecidas para agua potable. Este proceso se lleva a cabo en unas instalaciones adecuadas conocidas como Plantas de Tratamiento de Agua Potable: PTAP.

En estas estructuras es **necesario** contar con la documentación pertinente para garantizar el buen funcionamiento de las unidades que tratan el agua: realizar operaciones, mantenimiento y optimizaciones en cantidad y calidad según sea el caso.

1.3 Justificación

Actualmente la Plantas de Tratamiento de agua potable de las veredas materia del presente estudio: no poseen planos ni memorias descriptivas y menos cálculos de diseño, y se operan con ayuda de un fontanero quien conoce su funcionamiento de entrada y salida, cada vez que se cambia de operador se presentan problemas por falta de documentos donde se conozca el objetivo de cada parte de la planta y el funcionamiento general de la PTAP, por lo que se debe acudir al anterior operario para que este explique cómo funciona el sistema.

Con lo previsto en esta evaluación se pretende dar cumplimiento en lo establecido en la Asamblea General de las Naciones Unidas de julio de 2010 donde se reconoce que todos los seres humanos tienen derecho al acceso al agua; así como en nuestro país en el artículo 365 de la Constitución Política, se establece que el Estado debe garantizar y brindar herramientas para la correcta prestación de los servicios públicos. Así mismo, el Estado colombiano regula el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS en su Resolución número 0330 de 2017, y en la Resolución 0844 de 2018 para el sector rural.

1.4 Objetivos

1.4 .1 Objetivo general

Llevar a cabo el levantamiento de los planos de las Plantas de Tratamiento, para que estas permitan contar con planos, y así mismo hacer una evaluación de caudales, características del agua cruda y tratada, estado de las estructuras y realizar las recomendaciones para su adecuado funcionamiento.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar el análisis de calidad de las aguas que surten a las PTAP de las veredas Cubia y Santa Bárbara.
- Obtener la topografía de los predios en que se encuentran las PTAP veredales con ayuda de herramientas tecnológicas satelitales.
- Hacer el correspondiente levantamiento de los planos de las PTAP veredales.
- Realizar el análisis operativo de las PTAP y sus correspondientes recomendaciones.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Agua potable

El agua potable es aquella que cumple con las características físicas, químicas y bacteriológicas adecuadas para no afectar la salud de los consumidores. (Min salud, 2015)

2.2 Calidad del agua

Se refiere a “El agua producida en un sistema de potabilización no debe contener microorganismos patógenos, ni sustancias tóxicas o nocivas para la salud. Por tanto, el agua para consumo humano debe cumplir los Requisitos de Calidad microbiológicos, organolépticos y físico-químicos exigidos en el Decreto 475 de marzo 10 de 1998, de los Ministerios de Salud y de Desarrollo Económico”. (RAS, 2000, p. 61)

2.2.1 Turbiedad

“La turbiedad es la propiedad óptica que tiene una sustancia líquida o sólida, de diseminar en todas direcciones la luz que pasa por ella”. (Arboleda, 2000, p.72)

2.2.2 Color

“Característica del agua debida a la presencia de partículas coloidales y material suspendido”. (RAS, 2017, p.162)

2.2.3 pH

“Logaritmo, con signo negativo, de la concentración de iones de hidrogeno, en mols por litro”. (RAS, 2017, p.173)

2.2.4 Dureza

“Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio.” (Facsa, 2017)

2.2.5 Alcalinidad

“La alcalinidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, como su capacidad para reaccionar con iones hidrogeno, como su capacidad para aceptar protones o como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas (OH^-)”. (Romero, 2009, p.119)

2.2.6 Cloro residual

“Concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado” (RAS, 2000, p.98)

2.3 Operaciones de una Planta de Tratamiento

Las plantas de tratamiento reúnen diferentes operaciones y/o procesos para la purificación, transporte y manejo del agua potable, estos procesos pueden ser unitarios físicos y/o químicos. Según las características físicas y químicas del de tratamiento estos procesos pueden utilizarse de manera individual o la combinación de ambos.

2.3.1 Mezcla Rápida

Como menciona Romero (1999) “La mezcla rápida es una operación empleada en el tratamiento del agua potable con el fin de dispersar diferentes sustancias químicas y gases” (p.50).

2.3.2 Dosificación

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio define la Dosificación como “Acción mediante la cual se suministra una sustancia química al agua” (RAS, 2017, p. 146)

2.3.3 Coagulación- Floculación

Según Arboleda (1992) “La coagulación es el proceso por el cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas con peso específico superior al del agua llamadas floc” (p.12); mientras que Romero (1999) la coagulación como “Es el proceso por el cual, una vez

desestabilizados los coloides, se provee una mezcla suave de las partículas para incrementar la tasa de encuentros o colisiones entre ellas sin romper o disturbar los agregados preformados” (p.79).

2.3.4 Sedimentación

“Se designa por sedimentación la operación por la cual se remueven las partículas salidas de una suspensión mediante la fuerza de la gravedad”. (Romero, 1999, p.119)

2.3.5 Filtración

“El propósito de la filtración es remover la turbiedad e impedir la interferencia de la turbiedad con la desinfección, al proveer protección a los microorganismos de la acción del desinfectante”. (Romero, 1999, p.193)

2.3.6 Desinfección

“La desinfección es el proceso que debe aplicarse de manera prioritaria al agua cuando esta se encuentra contaminada bacteriana, o cuando no se puede garantizar la potabilidad de la misma”. (OPS, 1996, p.5)

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Localización de las PTAPS

La planta de tratamiento de agua potable de la vereda Cobia se encuentra localizada en las coordenadas MAGNA SIRGAS/ Origen Nacional N2078808,971275 y E4851372,615891, ingresando por la cabecera municipal y dirigiéndose hacia el sur por la vía vereda Barro Blanco-vereda Santa Bárbara; la PTAP de la vereda Santa Bárbara se encuentran localizada en las coordenadas MAGNA SIRGAS/ Origen Nacional N2071678,866130 y E4853300,087280 sobre la vía La Mesa- Mosquera, a la altura del Km 101+520.



Figura 1 Localización PTAP veredales. Fuente propia.

3.2 Captaciones

El agua que se capta para el tratamiento en la PTAP de la vereda Santa Bárbara proviene de la quebrada la Zúnia, de la cual se toma un caudal de 2.5 L/s, donde por medio de bombeo ingresa a la planta, se le añade coagulante (sulfato de aluminio), posteriormente pasa a los floculadores, después pasa a los sedimentadores, luego a los filtros, y finalmente es desinfectada

y se almacena en el tanque de almacenamiento para luego ser transportada por bombeo al tanque de distribución. Esta planta funciona 9 horas/días de lunes a sábado y 3 horas el día domingo.

Mientras que el agua que se capta para ser tratada en PTAP de la vereda Cubia proviene de pozo profundo, que se encuentra ubicado dentro del predio de la PTAP. Esta PTAP bombea una cantidad de 3L/s durante 12 horas de lunes a sábado, los días domingo solo bombea 10 horas. El proceso de tratamiento se basa en filtrado, corrección de pH (soda caustica) y desinfección.



Figura 2 Captación vereda Santa Bárbara. Fotografía tomada por Javier Aponte (operario PTAP)



Figura 3 Captación vereda Cubia. Fuente propia.

3.3 Calidad del agua

El acueducto del municipio de Bojacá cuenta con su propio laboratorio para el análisis de la calidad del agua cruda y el agua tratada, donde a diario se realiza control de los parámetros para la calidad del mismo de las PTAPS que administra el municipio.

Los parámetros para el agua cruda que se analizan en el laboratorio son pH, temperatura, turbiedad, hierro, dureza y alcalinidad. Para el agua tratada los parámetros son los mismos y adicionalmente cloro total y cloro residual.

El análisis diario se realiza con el fin de controlar las características del agua que se entrega a los usuarios y así hacer correcciones en los procesos del tratamiento. Los valores máximos admitidos se rigen por la Resolución 2115 de 2007, donde se relacionan los parámetros y sus valores admitidos para consumo humano que se analizan en el laboratorio del acueducto de Bojacá.

A continuación, se muestran los valores admitidos por la Resolución 2115 de 2007.

Tabla 1 Valores aceptables para los parámetros de agua cruda y tratada

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	UPC	≤ 15
Turbiedad	UNT	≤ 2
Características químicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
pH	Unidades pH	6,5-9
Cloro residual	mg Cl ₂ /L	0,3- 2
Hierro	mg Fe/L	≤ 0,3
Alcalinidad	mg CaCo ₃ /L	≤ 200
Dureza	mg CaCo ₃ /L	≤ 300

Fuente: Resolución 2115 de 2007 características físicas- químicas del agua para consumo humano

3.3.1 Calidad del agua cruda

Para determinar la calidad del agua cruda que ingresa a las plantas se hace una recopilación de los registros facilitados por el laboratorio de la PTAP municipal, para hacer un adecuado análisis se sigue la recomendación dada por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio en la Resolución 0330 de 2017, donde en su artículo 105 establece que “se deberá

tener datos de muestreos y caracterización del agua cruda sobre el cuerpo de agua seleccionado, con un mínimo del periodo de lluvias y periodo seco” (p. 61).

En este caso se seleccionó los registros del agua cruda para los primeros meses del año 2021, los cuales corresponden a los meses de enero, febrero y abril. Las lecturas que se presentan corresponden a un día por cada mes, es decir tres lecturas de agua cruda para cada una de las PTAPS.

3.3.1.1 PTAP Santa Bárbara



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE AGUAS.
PRUEBAS DE CALIDAD DE AGUA - ACUEDUCTO VEREDA

DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE	Vereda Santa Bárbara
LOCALIZACION	Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca
FACULTAD	Ingeniería Civil

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE	PTAP Rural Santa Bárbara
LUGAR DE MUESTREO	Quebrada La Zulia
PUNTO DE MUESTREO	Entrada a la PTAP
CLIMA	Templado
TIPO DE MUESTRA	Agua Cruda
FECHA MUESTREO	26 de enero de 2021
INICIO DE ENSAYOS	
FINAL ENSAYOS	

RESULTADOS CARACTERIZACION

FISICO QUIMICO

ANALISIS	METODO	ESPECIFICACION DECRETO 1575 DE 2007	RESULTADO
TURBIEDAD	Metodo nefelométrico	< 5 UNT	2,72
SOLIDOS	Sólidos totales en suspensión secados a 103 - 105°C	< 500 mg/L	N.R.
TEMPERATURA	Medición de temperatura	-	11,7
COLOR	Metodo de comparación visual	< 15 UC	7,3
OLOR	Metodo de umbral de olor	Aceptable	Aceptable
OXIGENO DISUELTO	Metodo winkler	>= 4 mg/L	N.R.
SABOR	Prueba de sabor	Aceptable	Aceptable

QUIMICOS

PH	Metodo electroquímico (phmetro).	6.5 - 9.0	5,97
ACIDEZ	Metodo de titulación	< 50 mg/L	N.R.
ALCALINIDAD	Metodo de titulación	100 mg/L	24,4
DUREZA CA	Metodo de titulación	< 150 mg/L	30
DUREZA MG	Metodo de titulación	< 36 mg/L	N.R.
DUREZA TOTAL	Metodo titulométrico de EDTA	< 300 mg/L	N.R.
HIERRO (Fe)	Metodo fenantrolina	0.3 mg/L	0,14
MANGANESO (Mn)	Metodo fisico-químico	< 36 mg/L	N.R.
CLORUROS	Metodo colorimétrico	< 250 mg/L	N.R.
SULFATOS	Metodo gravimétrico	< 250 mg/L	N.R.
NITRITOS	Metodo espectrométrico	< 0.1 mg/L	N.R.
NITRATOS	Metodo electodo selectivo	< 10 mg/L	N.R.

*N.R.: No realizado

BACTEREOLÓGICO

OBSERVACIONES

La muestra se analizó en el Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca

Figura 4 Ensayo de laboratorio Agua Cruda vereda Santa Bárbara mes de enero 2021



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE AGUAS.
PRUEBAS DE CALIDAD DE AGUA - ACUEDUCTO VEREDA

DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE	Vereda Santa Bárbara
LOCALIZACION	Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca
FACULTAD	Ingeniería Civil

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE	PTAP Rural Santa Bárbara
LUGAR DE MUESTREO	Quebrada La Zúnia
PUNTO DE MUESTREO	Entrada a la PTAP
CLIMA	Templado
TIPO DE MUESTRA	Agua Cruda
FECHA MUESTREO	23 de febrero de 2021
INICIO DE ENSAYOS	
FINAL ENSAYOS	

RESULTADOS CARACTERIZACION

FISICO QUIMICO

ANALISIS	METODO	ESPECIFICACION DECRETO 1575 DE 2007	RESULTADO
TURBIEDAD	Metodo nefelométrico	< 5 UNT	4,25
SOLIDOS	Unidad total en suspensión (sólidos totales)	< 500 mg/L	N.R.
TEMPERATURA	Medición de temperatura	-	15,4
COLOR	Metodo de comparación visual	< 15 UC	12,1
OLOR	Metodo de umbral de olor	Aceptable	Aceptable
OXIGENO DISUELTO	Metodo winkler	≥ 4 mg/L	N.R.
SABOR	Prueba de sabor	Aceptable	Aceptable

QUIMICOS

PH	Metodo electroquímico (phmetro).	6.5 - 9.0	6,34
ACIDEZ	Metodo de titulación	< 50 mg/L	N.R.
ALCALINIDAD	Metodo de titulación	100 mg/L	30,5
DUREZA CA	Metodo de titulación	< 160 mg/L	40
DUREZA MG	Metodo de titulación	< 36 mg/L	N.R.
DUREZA TOTAL	Metodo titulométrico de EDTA	< 300 mg/L	N.R.
HIERRO (Fe)	Metodo fenantrolina	0.3 mg/L	0,14
MANGANESO (Mn)	Metodo fisico-químico	< 36 mg/L	N.R.
CLORUROS	Metodo colorimétrico	< 250 mg/L	N.R.
SULFATOS	Metodo gravimétrico	< 250 mg/L	N.R.
NITRITOS	Metodo espectrométrico	< 0.1 mg/L	N.R.
NITRATOS	Metodo electodo selectivo	< 10 mg/L	N.R.

*N.R.: No realizado

BACTEREOLÓGICO

OBSERVACIONES

La muestra se analizó en el Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca

Figura 5 Ensayo de laboratorio Agua Cruda vereda Santa Bárbara mes febrero 2021



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE AGUAS.
PRUEBAS DE CALIDAD DE AGUA - ACUEDUCTO VEREDA

DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE	Vereda Santa Bárbara
LOCALIZACION	Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca
FACULTAD	Ingeniería Civil

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE	PTAP Rural Santa Bárbara
LUGAR DE MUESTREO	Quebrada La Zulia
PUNTO DE MUESTREO	Entrada a la PTAP
CLIMA	Templado
TIPO DE MUESTRA	Agua Cruda
FECHA MUESTREO	20 de abril de 2021
INICIO DE ENSAYOS	
FINAL ENSAYOS	

RESULTADOS CARACTERIZACION

FISICO QUIMICO

ANALISIS	METODO	ESPECIFICACION DECRETO 1575 DE 2007	RESULTADO
TURBIEDAD	Metodo nefelometrico	< 5 UNT	2,79
SOLIDOS	Sólidos totales en suspensión a 102 °C	< 500 mg/L	N.R
TEMPERATURA	Medición de temperatura	-	9,1
COLOR	Metodo de comparacion visual	< 15 UC	11,4
OLOR	Metodo de umbral de olor	Aceptable	Aceptable
OXIGENO DISUELTO	Metodo winkler	>= 4 mg/L	N.R
SABOR	Prueba de sabor	Aceptable	Aceptable

QUIMICOS

PH	Metodo electroquímico (phmetro).	6.5 - 9.0	6,7
ACIDEZ	Metodo de titulacion	< 50 mg/L	N.R
ALCALINIDAD	Metodo de titulacion	100 mg/L	30,5
DUREZA CA	Metodo de titulacion	< 160 mg/L	20
DUREZA MG	Metodo de titulacion	< 36 mg/L	N.R
DUREZA TOTAL	Metodo titulometrico de EDTA	< 300 mg/L	N.R
HIERRO (Fe)	Metodo fenatrolina	0.3 mg/L	0,11
MANGANESO (Mn)	Metodo fisico-químico	< 36 mg/L	N.R
CLORUROS	Metodo colorimétrico	< 250 mg/L	N.R
SULFATOS	Metodo gravimétrico	< 250 mg/L	N.R
NITRITOS	Metodo espectrométrico	< 0.1 mg/L	N.R
NITRATOS	Metodo electodo selectivo	< 10 mg/L	N.R

*N.R: No realizado

BACTEREOLOGICO

OBSERVACIONES

La muestra se analizó en el Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca

Figura 6 Ensayo de laboratorio Agua Cruda vereda Santa Bárbara mes abril 2021

3.3.1.2 PTAP Cubia



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE AGUAS.
PRUEBAS DE CALIDAD DE AGUA - ACUEDUCTO VEREDA

DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE	Cubia
LOCALIZACION	Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca
FACULTAD	Ingeniería Civil

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE	PTAP Rural Cubia
LUGAR DE MUESTREO	Acuifero Formación Guadalupe
PUNTO DE MUESTREO	Entrada a la PTAP
CLIMA	Templado
TIPO DE MUESTRA	Agua Cruda
FECHA MUESTREO	26 de enero de 2021
INICIO DE ENSAYOS	
FINAL ENSAYOS	

RESULTADOS CARACTERIZACION

FISICO QUIMICO

ANALISIS	METODO	ESPECIFICACION DECRETO 1575 DE 2007	RESULTADO
TURBIEDAD	Metodo nefelometrico	< 5 UNT	1,17
SOLIDOS	Sólidos totales en suspensión (residuo a 102 - 105°C)	< 500 mg/L	N.R
TEMPERATURA	Medición de temperatura	-	7,3
COLOR	Metodo de comparacion visual	< 15 UC	3
OLOR	Metodo de umbral de olor	Aceptable	Aceptable
OXIGENO DISUELTO	Metodo winkler	>= 4 mg/L	N.R
SABOR	Prueba de sabor	Aceptable	Aceptable

QUIMICOS

PH	Metodo electroquímico (phmetro).	6.5 - 9.0	5,49
ACIDEZ	Metodo de titulacion	< 50 mg/L	N.R
ALCALINIDAD	Metodo de titulacion	100 mg/L	24,4
DUREZA CA	Metodo de titulacion	< 160 mg/L	30
DUREZA MG	Metodo de titulacion	< 36 mg/L	N.R
DUREZA TOTAL	Metodo titulometrico de EDTA	< 300 mg/L	N.R
HIERRO (Fe)	Metodo fenantrolina	0.3 mg/L	0,05
MANGANESO (Mn)	Metodo fisico-químico	< 36 mg/L	N.R
CLORUROS	Metodo colorimetrico	< 250 mg/L	N.R
SULFATOS	Metodo gravimetrico	< 250 mg/L	N.R
NITRITOS	Metodo espectrometrico	< 0.1 mg/L	N.R
NITRATOS	Metodo electodo selectivo	< 10 mg/L	N.R

*N.R: No realizado

BACTEREOLOGICO

OBSERVACIONES

La muestra se analizó en el Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca

Figura 7 Ensayo de laboratorio Agua Cruda vereda Cubia mes enero 2021



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE AGUAS.
PRUEBAS DE CALIDAD DE AGUA - ACUEDUCTO VEREDA

DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE	Vereda Cubia
LOCALIZACION	Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca
FACULTAD	Ingeniería Civil

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE	PTAP Rural Cubia
LUGAR DE MUESTREO	Acuífero Formación Guadalupe
PUNTO DE MUESTREO	Entrada ala PTAP
CLIMA	Templado
TIPO DE MUESTRA	Agua Cruda
FECHA MUESTREO	24 de febrero de 2021
INICIO DE ENSAYOS	
FINAL ENSAYOS	

RESULTADOS CARACTERIZACION

FISICO QUIMICO

ANALISIS	METODO	ESPECIFICACION DECRETO 1575 DE 2007	RESULTADO
TURBIEDAD	Metodo nefelometrico	< 5 UNT	1,25
SOLIDOS	Sólidos totales en suspensión condición a 102 - 105°C	< 500 mg/L	N.R
TEMPERATURA	Medición de temperatura	-	18
COLOR	Metodo de comparacion visual	< 15 UC	0,2
OLOR	Metodo de umbral de olor	Aceptable	Aceptable
OXIGENO DISUELTO	Metodo winkler	>= 4 mg/L	N.R
SABOR	Prueba de sabor	Aceptable	Aceptable

QUIMICOS

PH	Metodo electroquímico (phmetro).	6.5 - 9.0	5,57
ACIDEZ	Metodo de titulacion	< 50 mg/L	N.R
ALCALINIDAD	Metodo de titulacion	100 mg/L	24,4
DUREZA CA	Metodo de titulacion	< 160 mg/L	40
DUREZA MG	Metodo de titulacion	< 36 mg/L	N.R
DUREZA TOTAL	Metodo titulometrico de EDTA	< 300 mg/L	N.R
HIERRO (Fe)	Metodo fenantrolina	0.3 mg/L	0,03
MANGANESO (Mn)	Metodo fisico-químico	< 36 mg/L	N.R
CLORUROS	Metodo colorimétrico	< 250 mg/L	N.R
SULFATOS	Metodo gravimétrico	< 250 mg/L	N.R
NITRITOS	Metodo espectrométrico	< 0.1 mg/L	N.R
NITRATOS	Metodo electodo selectivo	< 10 mg/L	N.R

*N.R: No realizado

BACTEREOLOGICO

OBSERVACIONES

La muestra se analizó en el Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca

Figura 8 Ensayo de laboratorio Agua Cruda vereda Cubia mes febrero 2021



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE AGUAS.
PRUEBAS DE CALIDAD DE AGUA - ACUEDUCTO VEREDA

DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE	Vereda Cubia
LOCALIZACION	Laboratorio de la Oficina de servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca
FACULTAD	Ingeniería Civil

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE	PTAP Rural Cubia
LUGAR DE MUESTREO	Acuifero Formación Guadalupe
PUNTO DE MUESTREO	Entrada ala PTAP
CLIMA	Templado
TIPO DE MUESTRA	Agua Cruda
FECHA MUESTREO	20 de abril de 2021
INICIO DE ENSAYOS	
FINAL ENSAYOS	

RESULTADOS CARACTERIZACION

FISICO QUIMICO

ANALISIS	METODO	ESPECIFICACION DECRETO 1575 DE 2007	RESULTADO
TURBIEDAD	Metodo nefelometrico	< 5 UNT	1,24
SOLIDOS	Unidos totales en suspension residuo a 102 - 105°C	< 500 mg/L	N.R.
TEMPERATURA	Medicion de temperatura	-	17,8
COLOR	Metodo de comparacion visual	< 15 UC	0,2
OLOR	Metodo de umbral de olor	Aceptable	Aceptable
OXIGENO DISUELTO	Metodo winkler	>= 4 mg/L	N.R.
SABOR	Prueba de sabor	Aceptable	Aceptable

QUIMICOS

PH	Metodo electroquimico (phmetro).	6.5 - 9.0	5,46
ACIDEZ	Metodo de titulacion	< 50 mg/L	N.R.
ALCALINIDAD	Metodo de titulacion	100 mg/L	30,5
DUREZA CA	Metodo de titulacion	< 160 mg/L	20
DUREZA MG	Metodo de titulacion	< 36 mg/L	N.R.
DUREZA TOTAL	Metodo titulometrico de EDTA	< 300 mg/L	N.R.
HIERRO (Fe)	Metodo fenantrolina	0.3 mg/L	0,03
MANGANESO (Mn)	Metodo fisico-quimico	< 36 mg/L	N.R.
CLORUROS	Metodo colorimetrico	< 250 mg/L	N.R.
SULFATOS	Metodo gravimetrico	< 250 mg/L	N.R.
NITRITOS	Metodo espectrometrico	< 0.1 mg/L	N.R.
NITRATOS	Metodo electodo selectivo	< 10 mg/L	N.R.

*N.R.: No realizado

BACTEREOLÓGICO

OBSERVACIONES

La muestra se analizó en el Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca

Figura 9 Ensayo de laboratorio Agua Cruda vereda Cubia mes abril 2021

3.3.2 *Calidad del agua tratada*

Al igual que con el agua cruda se tomaron los registros correspondientes a los primeros meses del año 2021, es decir a los meses de enero, febrero y abril y referenciando una muestra por cada mes en cada una de las PTAPS.

3.3.2.1 *PTAP Santa Bárbara*

Los valores correspondientes a ambas temporadas del año 2021 se relacionan a continuación.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE AGUAS.
PRUEBAS DE CALIDAD DE AGUA - ACUEDUCTO VEREDA

DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE	Vereda Santa Bárbara
LOCALIZACION	Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca
FACULTAD	Ingeniería Civil

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE	PTAP Rural Santa Bárbara
LUGAR DE MUESTREO	Quebrada La Zulia
PUNTO DE MUESTREO	Tanque de almacenamiento de agua tratada
CLIMA	Templado
TIPO DE MUESTRA	Agua Tratada
FECHA MUESTREO	26 de enero de 2021
INICIO DE ENSAYOS	
FINAL ENSAYOS	

RESULTADOS CARACTERIZACION

FISICO QUIMICO

ANALISIS	METODO	ESPECIFICACION DECRETO 1575 DE 2007	RESULTADO
TURBIEDAD	Metodo nefelometrico	< 5 UNT	1,9
SOLIDOS	Solidos totales en suspension Secados a 103 - 105°C	< 500 mg/L	N.R
TEMPERATURA	Medicion de temperatura	-	11,5
COLOR	Metodo de comparacion visual	< 15 UC	5,1
OLOR	Metodo de umbral de olor	Aceptable	Aceptable
OXIGENO DISUELTO	Metodo winkler	>= 4 mg/L	N.R
SABOR	Prueba de sabor	Aceptable	Aceptable

QUIMICOS

PH	Metodo electroquimico (phmetro).	6.5 - 9.0	7,19
ALUMINIO		<0.2 mg/L	N.R
ALCALINIDAD	Metodo de titulacion	100 mg/L	24,41
DUREZA CA	Metodo de titulacion	< 160 mg/L	20
HIERRO (Fe)	Metodo fenaitrolina	0.3 mg/L	0,1
MANGANESO (Mn)	Metodo fisico-quimico	< 36 mg/L	N.R
CLORUROS	Metodo colorimetrico	< 250 mg/L	N.R
SULFATOS	Metodo gravimetrico	< 250 mg/L	N.R
CLORO RESIDUAL		0.3- 2 mg/L	0,34
CLORO TOTAL		0.3- 2 mg/L	0,37

*N.R: No realizado

BACTEREOLOGICO

OBSERVACIONES

La muestra se analizó en el Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca

REALIZADO POR

VISTO BUENO

Figura 10 Ensayo de laboratorio Agua Tratada vereda Santa Bárbara mes enero 2021



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE AGUAS.
PRUEBAS DE CALIDAD DE AGUA - ACUEDUCTO VEREDA

DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE	Vereda Santa Bárbara
LOCALIZACION	Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca
FACULTAD	Ingeniería Civil

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE	PTAP Rural Santa Bárbara
LUGAR DE MUESTREO	Quebrada La Zulia
PUNTO DE MUESTREO	Tanque de almacenamiento de agua tratada
CLIMA	Templado
TIPO DE MUESTRA	Agua Tratada
FECHA MUESTREO	23 de febrero de 2021
INICIO DE ENSAYOS	
FINAL ENSAYOS	

RESULTADOS CARACTERIZACION

FISICO QUIMICO

ANALISIS	METODO	ESPECIFICACION DECRETO 1575 DE 2007	RESULTADO
TURBIEDAD	Metodo nefelometrico	< 5 UNT	3,49
SOLIDOS	Unidos totales en suspension residuos a 102 °C	< 500 mg/L	N.R
TEMPERATURA	Medicion de temperatura	-	15,2
COLOR	Metodo de comparacion visual	< 15 UC	6,9
OLOR	Metodo de umbral de olor	Aceptable	Aceptable
OXIGENO DISUELTO	Metodo winkler	>= 4 mg/L	N.R
SABOR	Prueba de sabor	Aceptable	Aceptable

QUIMICOS

PH	Metodo electroquimico (phmetro).	6.5 - 9.0	6,57
ALUMINIO		<0.2 mg/L	N.R
ALCALINIDAD	Metodo de titulacion	100 mg/L	30,51
DUREZA CA	Metodo de titulacion	< 160 mg/L	40
HIERRO (Fe)	Metodo fenantrolina	0.3 mg/L	0,39
MANGANESO (Mn)	Metodo fisico-quimico	< 36 mg/L	N.R
CLORUROS	Metodo colorimetrico	< 250 mg/L	N.R
SULFATOS	Metodo gravimetrico	< 250 mg/L	N.R
CLORO RESIDUAL		0.3- 2 mg/L	0,83
CLORO TOTAL		0.3- 2 mg/L	0,83

*N.R: No realizado

BACTEREOLOGICO

OBSERVACIONES

La muestra se analizó en el Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca

Figura 11 Ensayo de laboratorio Agua Tratada vereda Santa Bárbara mes febrero 2021



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE AGUAS.
PRUEBAS DE CALIDAD DE AGUA - ACUEDUCTO VEREDA

DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE	Vereda Santa Bárbara
LOCALIZACION	Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca
FACULTAD	Ingeniería Civil

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE	PTAP Rural Santa Bárbara
LUGAR DE MUESTREO	Quebrada La Zulia
PUNTO DE MUESTREO	Tanque de almacenamiento de agua tratada
CLIMA	Templado
TIPO DE MUESTRA	Agua Tratada
FECHA MUESTREO	20 de abril de 2021
INICIO DE ENSAYOS	
FINAL ENSAYOS	

RESULTADOS CARACTERIZACION

FISICO QUIMICO

ANALISIS	METODO	ESPECIFICACION DECRETO 1575 DE 2007	RESULTADO
TURBIEDAD	Método nefelométrico	< 5 UNT	1,79
SOLIDOS	Sólidos totales en suspensión Estandar 2.102 - 10250	< 500 mg/L	N.R
TEMPERATURA	Medición de temperatura	-	10,7
COLOR	Método de comparación visual	< 15 UC	0,2
OLOR	Método de umbral de olor	Aceptable	Aceptable
OXIGENO DISUELTO	Método winkler	>= 4 mg/L	N.R
SABOR	Prueba de sabor	Aceptable	Aceptable

QUIMICOS

PH	Método electroquímico (phmetro).	6.5 - 9.0	6,8
ALUMINIO	Método de titulación	<0.2 mg/L	N.R
ALCALINIDAD	Método de titulación	100 mg/L	18,31
DUREZA CA	Método de titulación	< 160 mg/L	40
HIERRO (Fe)	Método fenantrolina	0.3 mg/L	0,03
MANGANESO (Mn)	Método físico-químico	< 35 mg/L	N.R
CLORUROS	Método colorimétrico	< 250 mg/L	N.R
SULFATOS	Método gravimétrico	< 250 mg/L	N.R
CLORO RESIDUAL	Método espectrométrico	0.3- 2 mg/L	0,18
CLORO TOTAL	Método electodo selectivo	0.3- 2 mg/L	0,17

*N.R: No realizado

BACTEREOLOGICO

OBSERVACIONES

La muestra se analizó en el Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca

Figura 12 Ensayo de laboratorio Agua Tratada vereda Santa Bárbara mes abril 2021

3.3.2.2 PTAP Cubia



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE AGUAS.
PRUEBAS DE CALIDAD DE AGUA - ACUEDUCTO VEREDA

DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE	Vereda Cubia
LOCALIZACION	Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca
FACULTAD	Ingeniería Civil

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE	PTAP Rural Cubia
LUGAR DE MUESTREO	Acuifero Formacion Guadalupe
PUNTO DE MUESTREO	Tanque de almacenamiento de agua potable
CLIMA	Templado
TIPO DE MUESTRA	Agua Tratada
FECHA MUESTREO	26 de enero de 2021
INICIO DE ENSAYOS	
FINAL ENSAYOS	

RESULTADOS CARACTERIZACION

FISICO QUIMICO

ANALISIS	METODO	ESPECIFICACION DECRETO 1575 DE 2007	RESULTADO
TURBIDIDAD	Metodo nefelometrico	< 5 UNT	0,75
SOLIDOS	Solidos totales en suspension (residuo a 102°C - 105°C)	< 500 mg/L	N.R.
TEMPERATURA	Medicion de temperatura	-	6,1
COLOR	Metodo de comparacion visual	< 15 UC	2,3
OLOR	Metodo de umbral de olor	Aceptable	Aceptable
OXIGENO DISUELTO	Metodo winkler	>= 4 mg/L	N.R.
SABOR	Prueba de sabor	Aceptable	Aceptable

QUIMICOS

PH	Metodo electroquimico (phmetro).	6.5 - 9.0	7,03
ALUMINIO	Metodo de titulacion	<0.2 mg/L	N.R.
ALCALINIDAD	Metodo de titulacion	100 mg/L	54,92
DUREZA CA	Metodo de titulacion	< 160 mg/L	30
HIERRO (Fe)	Metodo fenantrolina	0.3 mg/L	0,01
MANGANESO (Mn)	Metodo fisico-quimico	< 36 mg/L	N.R.
CLORUROS	Metodo colorimetrico	< 250 mg/L	N.R.
SULFATOS	Metodo gravimetrico	< 250 mg/L	N.R.
COLOR RESIDUAL	Metodo espectrometrico	0.3- 2 mg/L	0,35
COLOR TOTAL	Metodo electodo selectivo	0.3- 2 mg/L	0,38

*N.R.: No realizado

BACTERIOLOGICO

OBSERVACIONES

La muestra se analizó en el Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca

Figura 13 Ensayo de laboratorio Agua Tratada vereda Cubia mes enero 2021



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE AGUAS.
PRUEBAS DE CALIDAD DE AGUA - ACUEDUCTO VEREDA

DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE	Vereda Cubia
LOCALIZACION	Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca
FACULTAD	Ingeniería Civil

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE	PTAP Rural Cubia
LUGAR DE MUESTREO	Acuifero Formacion Guadalupe
PUNTO DE MUESTREO	Tanque de almacenamiento de agua tratada
CLIMA	Templado
TIPO DE MUESTRA	Agua Tratada
FECHA MUESTREO	24 de febrero de 2021
INICIO DE ENSAYOS	
FINAL ENSAYOS	

RESULTADOS CARACTERIZACION

FISICO QUIMICO

ANALISIS	METODO	ESPECIFICACION DECRETO 1575 DE 2007	RESULTADO
TURBIEDAD	Metodo nefelometrico	< 5 UNT	0,76
SOLIDOS	Unidad total en suspension residuo a 102° - 105°C	< 500 mg/L	N.R.
TEMPERATURA	Medicion de temperatura	-	17,9
COLOR	Metodo de comparacion visual	< 15 UC	0,2
OLOR	Metodo de umbral de olor	Aceptable	Aceptable
OXIGENO DISUELTO	Metodo winkler	>= 4 mg/L	N.R.
SABOR	Prueba de sabor	Aceptable	Aceptable

QUIMICOS

PH	Metodo electroquimico (phmetro).	6.5 - 9.0	6,63
ALUMINIO	Metodo de titulacion	<0.2 mg/L	N.R.
ALCALINIDAD	Metodo de titulacion	100 mg/L	42,71
DUREZA CA	Metodo de titulacion	< 160 mg/L	30
HIERRO (Fe)	Metodo fenantrolina	0.3 mg/L	0,04
MANGANESO (Mn)	Metodo fisico-quimico	< 36 mg/L	N.R.
CLORUROS	Metodo colorimetrico	< 250 mg/L	N.R.
SULFATOS	Metodo gravimetrico	< 250 mg/L	N.R.
CLORO RESIDUAL	Metodo espectrometrico	0.3- 2 mg/L	0,48
CLORO TOTAL	Metodo electodo selectivo	0.3- 2 mg/L	0,43

*N.R.: No realizado

BACTEREOLÓGICO

OBSERVACIONES

La muestra se analizó en el Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca

Figura 14 Ensayo de laboratorio Agua Tratada vereda Cubia mes febrero 2021



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE AGUAS.
PRUEBAS DE CALIDAD DE AGUA - ACUEDUCTO VEREDA

DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE	Vereda Cubia
LOCALIZACION	Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca
FACULTAD	Ingeniería Civil

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE	PTAP Rural Cubia
LUGAR DE MUESTREO	Acuifero Formacion Guadalupe
PUNTO DE MUESTREO	Tanque de almacenamiento de agua tratada
CLIMA	Templado
TIPO DE MUESTRA	Agua Tratada
FECHA MUESTREO	20 de abril de 2021
INICIO DE ENSAYOS	
FINAL ENSAYOS	

RESULTADOS CARACTERIZACION

FISICO QUIMICO

ANALISIS	METODO	ESPECIFICACION DECRETO 1575 DE 2007	RESULTADO
TURBIEDAD	Metodo nefelometrico	< 5 UNT	1,68
SOLIDOS	Unidad volumetrica en suspension	< 500 mg/L	N.R
TEMPERATURA	Medicion de temperatura	-	17,4
COLOR	Metodo de comparacion visual	< 15 UC	0,2
OLOR	Metodo de umbral de olor	Aceptable	Aceptable
OXIGENO DISUELTO	Metodo winkler	>= 4 mg/L	N.R
SABOR	Prueba de sabor	Aceptable	Aceptable

QUIMICOS

PH	Metodo electroquimico (phmetro).	6.5 - 9.0	6,4
ALUMINIO	Metodo de titulacion	<0.2 mg/L	N.R
ALCALINIDAD	Metodo de titulacion	100 mg/L	36,61
DUREZA CA	Metodo de titulacion	< 160 mg/L	20
HIERRO (Fe)	Metodo fenoltrolina	0.3 mg/L	0
MANGANESO (Mn)	Metodo fisico-quimico	< 36 mg/L	N.R
CLORUROS	Metodo colorimetrico	< 250 mg/L	N.R
SULFATOS	Metodo gravimetrico	< 250 mg/L	N.R
CLORO RESIDUAL	Metodo espectrometrico	0.3- 2 mg/L	0,23
CLORO TOTAL	Metodo electodo selectivo	0.3- 2 mg/L	0,23

*N.R: No realizado

BACTEREOLÓGICO

OBSERVACIONES

La muestra se analizó en el Laboratorio de la Oficina de Servicios Públicos de Bojacá, Cundinamarca

Figura 15 Ensayo de laboratorio Agua Tratada vereda Cubia mes abril 2021

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Análisis de población

El municipio de Bojacá está conformado por nueve veredas, de las cuales serán motivo de estudio las veredas anteriormente nombradas (Santa Bárbara y Cubia). Recopilando la información poblacional de estas dos veredas de las fuentes de la EPM (Empresas Públicas de Medellín), quienes relacionan la información acerca de la población de dichas veredas del año 2012 en el estudio de un proyecto de una línea de alta tensión denominada como Nueva Esperanza, con el objetivo de aumentar la capacidad de transporte de energía en el centro del país y así beneficiar a una población de más de 12 millones de habitantes; la información obtenida para el año 1997 se recopiló de la formulación del POT del municipio del año 1998 y el dato de población del año 2018 se obtuvo de la Oficina de Planeación Municipal. Siendo así, se obtiene la siguiente tabla.

Tabla 2 Recopilación de datos poblacionales de las veredas

AÑO	VEREDA	POBLACION
1997	Santa Bárbara	258
	Cubia	376
2012	Santa Bárbara	295
	Cubia	600
2018	Santa Bárbara	227
	Cubia	516

Fuente: POT municipal (1998), EPM y Oficina de Planeación Municipal.

4.1.1 Tasa de crecimiento y proyección poblacional

Para el último censo nacional (año 2018) el municipio de Bojacá cuenta con una población total de 12.448 habitantes distribuidos de la siguiente manera: 10,029 habitantes en la cabecera municipal y 2.419 habitantes en la zona rural del municipio, en cuanto a las veredas que son objeto de estudio se cuenta con 227 habitantes para la vereda Santa Bárbara y 516 habitantes para la vereda de Cubia. Para la proyección de población nos regimos por la normativa de RAS Rural, Resolución 0844 de 2018 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en la cual se establece en el Artículo 5. Población a atender, que la tasa de crecimiento anual de la población

será de 0,5% para el diseño de poblaciones rurales, ya que la proyección por el método geométrico y aritmético arrojaba tasas de crecimiento negativas en el último periodo censado, además de que el diseño se realizará con un horizonte de 25 años. Siendo así tenemos que:

Tabla 3 Proyección de población veredas Santa Bárbara y Cubia

PROYECCIÓN		
AÑO	SANTA BÁRBARA	CUBIA
2019	228	519
2020	229	521
2025	235	534
2030	241	548
2035	247	562
2040	253	576
2045	260	590
2050	266	605

Fuente: Propia.

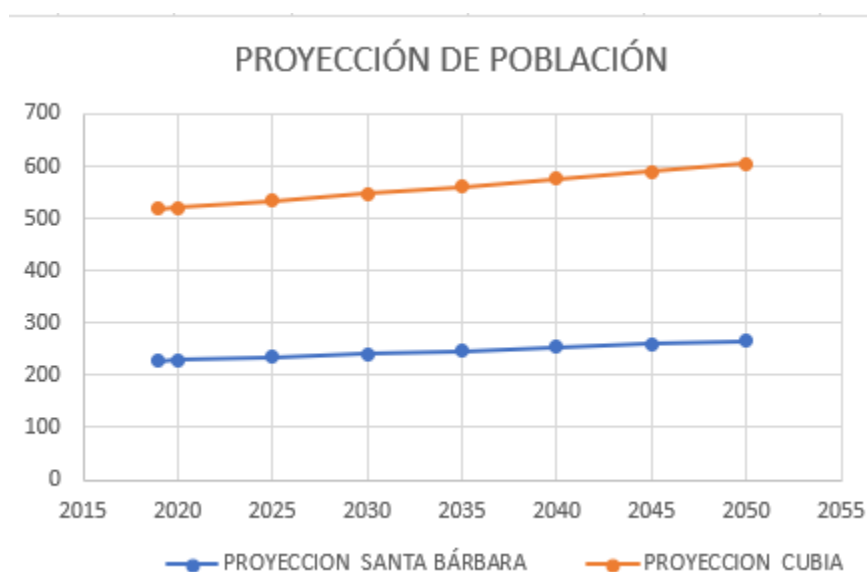


Figura 16 Gráfica de proyección de población de las veredas por método geométrico. Fuente propia.

4.2 Dotación

El cálculo de la dotación es importante para determinar la capacidad de producción de la planta, en este caso lo tomaremos como un indicador de la relación entre población y producción, para así determinar si a futuro es necesario diseñar una ampliación.

4.2.1 Dotación neta máxima

De acuerdo con la Resolución 0330 de 2017, en la que se establece que la dotación neta máxima se determina según la altura promedio sobre el nivel del mar al que se encuentra la población, tomamos como referencia este dato para los cálculos posteriores y así la determinación de la proyección de la demanda, para después determinar en qué etapa del diseño se encuentran actualmente las plantas de tratamiento.

Tabla 4 Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR EN LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
>2000 m.s.n.m	120
1000-2000 m.s.n.m	130
<1000 m.s.n.m.	140

Fuente: Resolución 0330 de 2017.

Dado que la población de las veredas de Bojacá se encuentra sobre los 2000 m.s.n.m tomamos el dato de dotación máxima correspondiente a 120 L/Hab*día para ambas veredas. Pero tomando los datos históricos, y los datos de producción y facturación de las PTAPS tenemos datos de consumo neto correspondiente a 256 L/Hab*día para la vereda de Santa Bárbara y 210 L/Hab*día Para la vereda Cubia.

4.2.2 Dotación bruta

Esta dotación bruta hace referencia a la dotación neta máxima teniendo en cuenta las pérdidas del sistema de acueducto y en la planta de tratamiento de agua potable, para el caso de la vereda Santa Barbara en promedio al mes actualmente se produce 2106 m³ y la población consume un promedio de 1747 m³, por lo tanto, teniendo en cuenta el caudal de entrada a la planta y su tiempo de producción se establece que se presenta una perdida promedio de 28%. En el caso de la vereda Cubia al mes actualmente se produce en promedio 3888 m³ y la población consume un promedio de 3256 m³, por lo tanto, y de la misma manera que en la vereda anterior

se presenta una perdida promedio de 16%. Esta dotación bruta está dada por la siguiente ecuación:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$

Donde:

D_{bruta} = Dotación bruta

D_{neta} = Dotación neta

$\%p$ = Porcentaje de perdidas técnicas máximas para diseño

Siendo así tenemos que la dotación bruta para la vereda Santa Bárbara corresponde a 356 L/Hab*día. Y para la vereda Cubia la dotación bruta es de 251 L/Hab*día.

4.2.3 Caudales de diseño

4.2.3.1 Caudal medio diario (Q_{md})

El caudal medio diario corresponde al promedio de los consumos diarios en un año por las pérdidas y se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{md} = \frac{P_{2050} * d_{bruta}}{\text{Tiempo de producción}}$$

Donde:

P = Población proyectada

D_{bruta} = Dotación bruta

Para el caso de las veredas y su proyección al año 2050 tenemos que:

$Q_{md \text{ Santa Bárbara}} = 2,93 \text{ L/seg}$

$Q_{md \text{ Cubia}} = 4,22 \text{ L/seg}$

4.2.3.2. Caudal máximo diario (QMD)

El caudal máximo diario corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un periodo de un año, de acuerdo con la resolución 0330 de 2017 (RAS), para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes, el factor k_1 no debe ser mayor a 1,3 ni el factor k_2 superior a 1,6. En el caso de poblaciones mayores a 12.500 habitantes el factor k_1 no puede ser superior a 1,2 y el factor k_2 no puede ser mayor a 1,5. En nuestro caso para ambas poblaciones se tiene que los factores son los siguientes, $k_1 = 1,3$ y $k_2 = 1,6$, por lo tanto la ecuación se interpretará de la siguiente forma:

$$QMD = Qmd * k_1$$

Como resultado tenemos:

$$QMD_{\text{Santa Bárbara}} = 3,8 \text{ L/seg}$$

$$QMD_{\text{Cubia}} = 5,48 \text{ L/seg}$$

4.2.3.3. Caudal máximo horario (QMH)

El caudal máximo horario es el consumo máximo registrado durante una hora en un periodo de un año y se realiza el producto por el coeficiente de consumo máximo horario k_2 , se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$QMH = k_2 * QMD$$

Para el caudal máximo horario tenemos:

$$QMH_{\text{Santa Bárbara}} = 6,09 \text{ L/seg}$$

$$QMH_{\text{Cubia}} = 8,77 \text{ L/seg}$$

4.2.3.4 Proyección de la demanda

La proyección de la demanda se realizó hasta el año 2050, cumpliendo así con el periodo de diseño que establece la resolución 0330 del 2017, a continuación, se presenta la siguiente proyección:

Tabla 5 Proyección de la demanda de dotación de la vereda Santa Bárbara hasta el año 2050

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA						
VEREDA SANTA BÁRBARA						
AÑO	POBLACION PROYECTADA	DOTACION NETA (L/Hab*día)	DOTACION BRUTA (L/Hab*día)	Q MEDIO DIARIO (L/seg)	Q MAXIMO DIARIO (L/seg)	Q MAXIMO HORARIO (L/seg)
2019	228	256	356	2,51	3,26	5,22
2020	229			2,52	3,28	5,24
2025	235			2,58	3,36	5,37
2030	241			2,65	3,44	5,51
2035	247			2,72	3,53	5,65
2040	253			2,78	3,62	5,79
2045	260			2,85	3,71	5,94
2050	266			2,93	3,80	6,09

Fuente: Propia.

La PTAP de la vereda Santa Bárbara tiene una jornada de tratamiento de 9 horas al día, durante 6 días de la semana, de acuerdo con los datos obtenidos en las proyecciones de población y demanda, y además de los datos actuales que tenemos de los caudales de producción y consumo de las poblaciones se obtiene la anterior tabla de proyecciones de dotación para esta vereda. Además, se deduce que aumentando el caudal de entrada la planta y el tiempo de producción no es necesaria la adecuación de la infraestructura de la vereda Santa Bárbara para el año 2050, y que esta es capaz de dotar a la población hasta el año estimado en este estudio.

Tabla 6 Proyección de la demanda de dotación de la vereda Cubia hasta el año 2050

VEREDA CUBIA						
AÑO	POBLACION PROYECTADA	DOTACION NETA (L/Hab*día)	DOTACION BRUTA (L/Hab*día)	Q MEDIO DIARIO (L/seg)	Q MAXIMO DIARIO (L/seg)	Q MAXIMO HORARIO (L/seg)
2019	519	210	251	3,61	4,70	7,51

2020	521	3,63	4,72	7,55
2025	534	3,72	4,84	7,74
2030	548	3,82	4,96	7,94
2035	562	3,91	5,09	8,14
2040	576	4,01	5,21	8,34
2045	590	4,11	5,35	8,55
2050	605	4,22	5,48	8,77

Fuente: Propia.

La vereda Cubia cuenta con una jornada de trabajo de 10 horas al día durante 7 días a la semana, y con los datos obtenidos sobre esta, nos fijamos que para el año 2050 la necesidad de producción será de 5,48 L/seg, versus 3 L/seg que se producen en el 2021; lo que quiere decir que debido a su crecimiento poblacional la planta de tratamiento de agua potable no deberá ampliar su producción para el año 2050, sino que bastará con aumentar el caudal de entrada a la PTAP y su tiempo de producción.

4.3 Calidad del agua

El municipio de Bojacá cuenta con las instalaciones y lo equipos adecuados para controlar día a día los parámetros de calidad del agua que se produce tanto en la PTAP de la cabecera municipal y las PTAP veredales, y así verificar que se cumple con los rangos establecidos por la Resolución 2115 de 2007.

De acuerdo con los registros de calidad de agua para el año 2021 señalados en las figuras de la 4 a las 15 donde se caracteriza el agua cruda y el agua tratada de ambas veredas en cada una de las temporadas (lluviosa y seca), y comparándolas con la tabla 1, donde el Ministerio de Protección Social y El Ministerio De Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial establecen los parámetros máximos de las características físicas- químicas del agua para consumo humano, se puede observar que las características del agua cruda son aptas para su tratamiento, es decir que no están tan alejadas de los estándares emitidos por la autoridad competente, y que después de ser tratada y analizada a la salida de ambas plantas de tratamiento cumplen a cabalidad con estos valores máximos admitidos, es decir, que el tratamiento que se practica en ambas PTAP

son los adecuados y por lo tanto el agua que se entrega a los más de 350 suscriptores de las veredas Santa Bárbara y Cubia es el adecuado para consumo humano.

4.4 Procesos de tratamiento del agua

En cuanto a los procesos de tratamiento del agua en la vereda Santa Bárbara la estructura cuenta con los procesos de quietamiento, floculación, sedimentación, filtración, desinfección y almacenamiento, y la planta de tratamiento de la vereda Cubia cuenta con un proceso de filtrado distribuido en 4 tanques de filtración, corrección de pH, desinfección y almacenamiento.

El agua destinada para el proceso de tratamiento de la vereda Cubia se obtiene de un pozo subterráneo perteneciente al acuífero de la formación Guadalupe, y el agua que se trata en la vereda Santa Bárbara corresponde a una fuente superficial denominada como Quebrada Zunia. En la bocatoma de la Quebrada Zunia se toma un caudal de 2.5 l/seg y se transportan a la planta de tratamiento por medio de motobomba, en el caso de la vereda Cubia el caudal tomado es de 3 l/seg siendo succionado del pozo por medio de una motobomba sumergible.

La desinfección al final del tratamiento de ambas plantas se realiza con cloro, este siendo aplicado con ayuda de una bomba dosificadora de cloro antes de entrar al tanque de almacenamiento. En el caso de la PTAP de la vereda Santa Barbara al inicio del tratamiento se aplica coagulante liquido (sulfato de aluminio), en las temporadas en que el agua se encuentra turbia, normalmente en temporada de lluvias, luego el agua pasa a los floculadores y por último a los filtros. En la vereda Cubia el agua que se extrae del pozo profundo pasa a los tanques de filtración, al final del tratamiento, y antes de la desinfección el agua recibe una corrección de pH con soda caustica y por último pasa al tanque de almacenamiento.

Con respecto al lavado de las plantas de tratamiento, esta se hace 2 veces el mes, suspendiendo el suministro de agua a la población el día en que se lleva a cabo esta actividad. Según la información del operario de la PTAP Santa Bárbara el tiempo que transcurre entre la reanudación del tratamiento y el llenado del tanque de almacenamiento es de 16 horas.

4.5 Localización geográfica

El ejercicio de la localización geográfica de las PTAP se realizó con ayuda de los recursos en línea dispuestos por el IGAC, como la cartografía básica y la consulta catastral, también con la ayuda de equipo topográfico para radiar los predios donde estas plantas se encuentran y proporcionar así una ubicación más precisa; las coordenadas obtenidas están referidas al sistema MAGNA- SIRGAS

Sobre la localización de la PTAP de la vereda Santa Bárbara, esta se encuentra dentro del predio identificado con el número 25099000000000090045000000000, dentro del cual también están las instalaciones de la escuela rural de la vereda Santa Bárbara, dicho predio se encuentra a un lado de la vía La Mesa- Mosquera a la altura del km 101+520. Para ingresar a las instalaciones de la PTAP es necesario entrar por la escuela y atravesar la cancha deportiva, donde al final de esta se encuentra un cerramiento con portón y candado para así acceder a lugar donde está la estructura de la planta de tratamiento. Este lugar posee un cerramiento en muro de ladrillo y malla metálica.

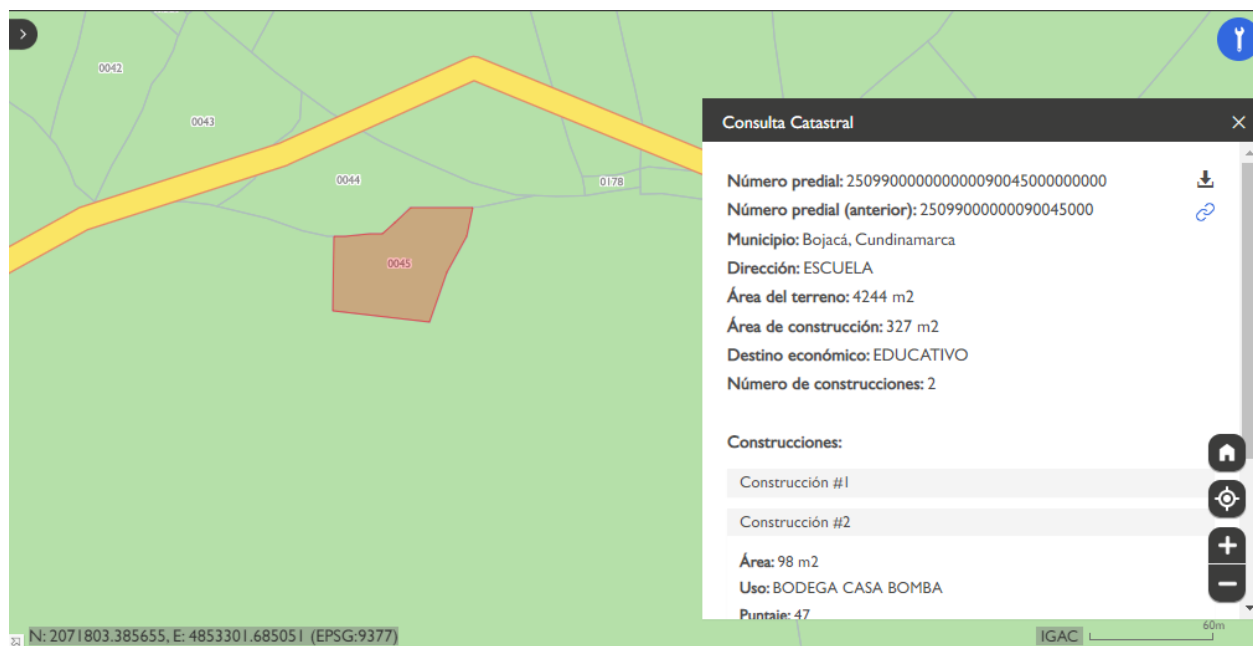


Figura 17 Identificación catastral predio PTAP Santa Bárbara. Fuente: IGAC

<https://www.colombiainmapas.gov.co/?e=-74.3247490083235,4.645913331430465,-74.31929875960569,4.648666923992872,4686&b=igac&u=25099&module=catastral&npredial=250990000000000000450000000000>

Utilizando una estación total topográfica se radiaron 4 puntos que fueron claves para ubicar y encontrar el norte de la estructura dando como resultado las siguientes coordenadas:

Tabla 7 Coordenadas PTAP Santa Bárbara

TABLA DE COORDENADAS PTAP SANTA BÁRBARA			
Punto	Norte	Este	Cota
2	1005691,913	972680,428	2630,80
3	1005686,827	972665,673	2628,35
4	1005698,717	972661,995	2628,55

Fuente: Propia.

Y como resultado de este trabajo de localización se obtiene el siguiente plano:



Figura 18 Plano de localización geográfica PTAP Santa Bárbara. Fuente: propia.

En cuanto a la localización de la PTAP de la vereda Cubia, esta se encuentra dentro de un predio de mayor extensión denominado El Cortijo La Merced, con número de identificación 25099000000000030068000000000. El lugar de la PTAP se encuentra a un lado de la vía municipal que conduce entre las veredas Cubia y Barroblanco, muy cerca de la zona urbana. El lugar cuenta con un cerramiento en muro de piedra y malla metálica.

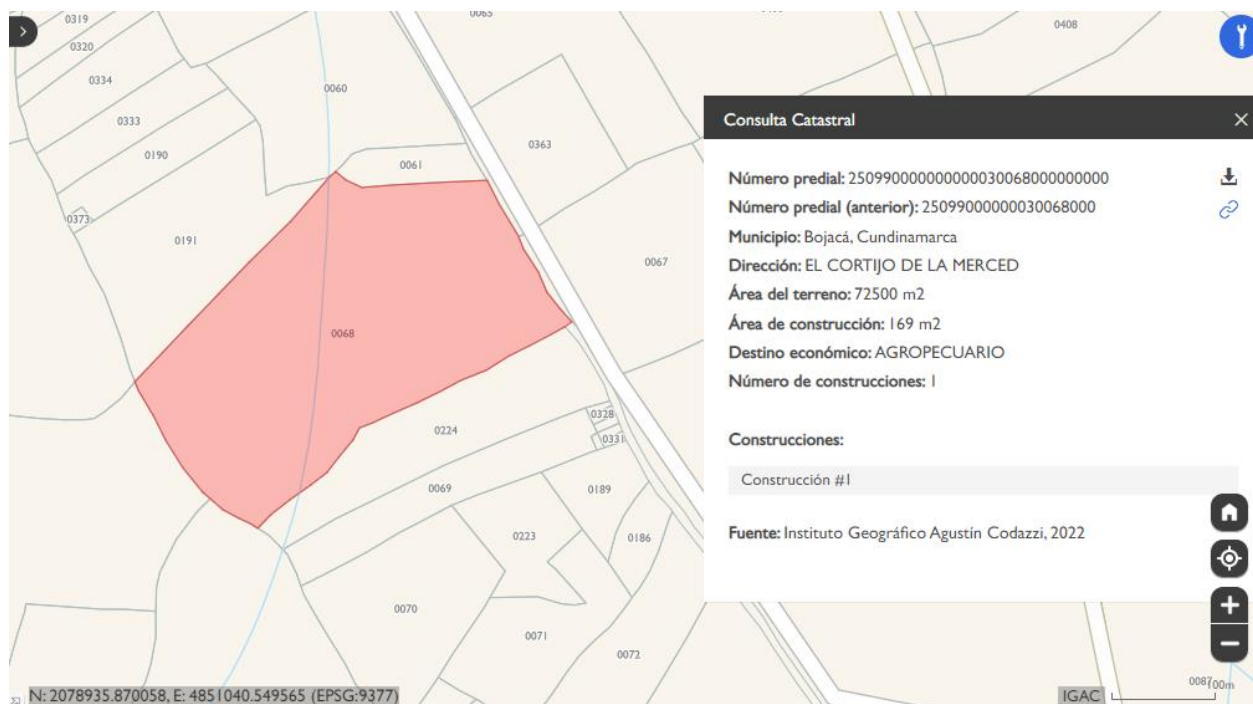


Figura 19 Identificación catastral predio PTAP Cubia. Fuente: IGAC.

<https://www.colombiaenmapas.gov.co/?e=-74.34447837631105,4.707243448932725,-74.33357787887424,4.713284768764781,4686&b=igac&u=25099&module=catastral&npredial=25099000000000030068000000000>

Las coordenadas de la localización de esta estructura dan como resultado la siguiente tabla:

Tabla 8 Coordenadas PTAP Cubia

TABLA DE COORDENADAS PTAP CUBIA			
Punto	Norte	Este	Cota
1	1012685,80	970896,41	2625
2	1012676,95	970883,15	2624
3	1012669,59	970888,06	2624
4	1012673,70	970874,21	2624

Fuente: Propia.

Y como resultado del trabajo de localización se obtuvo el siguiente plano:

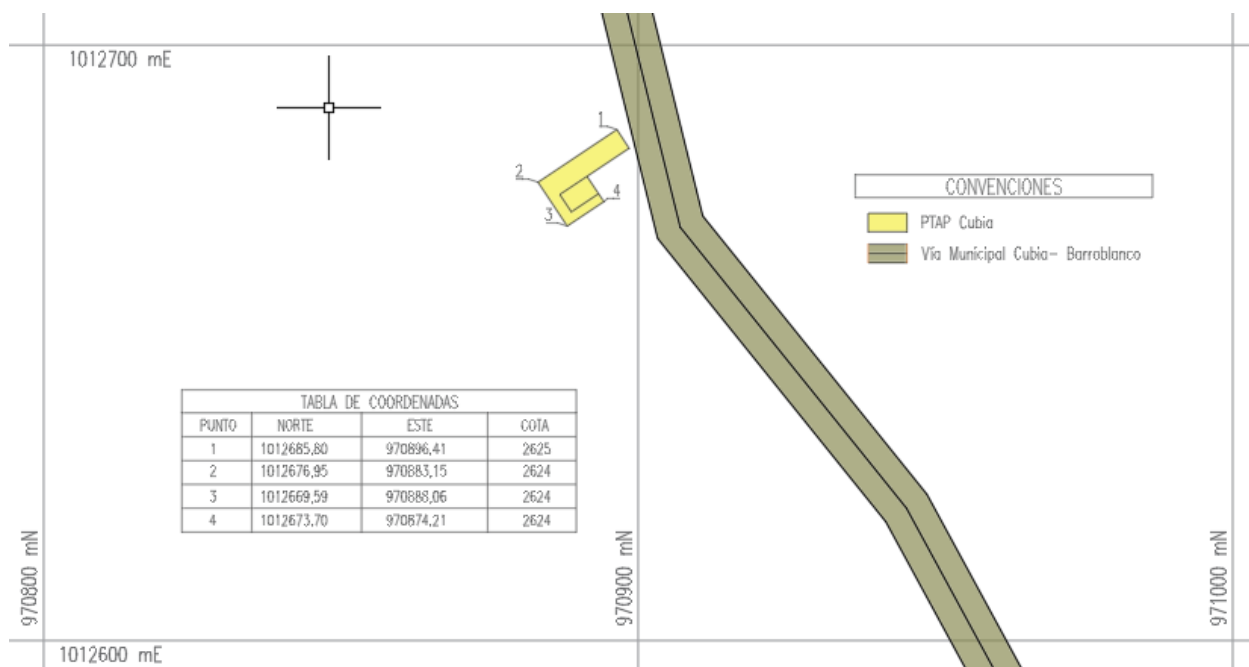


Figura 20 Plano de localización geográfica PTAP Cubia. Fuente: propia.

4.6 Distribución de las estructuras

A continuación, se mostrará el registro fotográfico de los elementos que se encuentran en cada una de las PTAP y su descripción.

4.6.1 Santa Bárbara

El primer elemento presente en la planta de tratamiento de esta es vereda es el tanque de quietamiento donde el agua que se bombea desde la bocatoma de la quebrada Zunia ingresa a la PTAP reduciendo la energía de presión, este elemento tiene una capacidad de 300 litros, y cuando el agua alcanza la altura limite se divide entre las dos secciones de las plantas, cayendo a un canal, donde al momento de dividirse en las dos secciones se aplica el coagulante cuando este es necesario para disminuir la turbiedad del agua. El motivo de la división del caudal al principio del tratamiento es que la planta tiene un diseño simétrico.



Figura 21 Entrada de agua cruda. Fuente propia.

Luego de que el agua ingresa al canal y se realiza la mezcla con el coagulante, empieza a entrar en los floculadores, los cuales son tipo Alabama y cada celda de floculación tiene una capacidad de 553 litros. La planta está compuesta por dos floculadores de 6 celdas cada uno.



Figura 22 Floculadores de flujo vertical. Fuente propia.

Después de que el agua termina por el proceso de floculación pasa a los sedimentadores; hace su entrada por medio de un canal, donde cae por gravedad hasta el fondo de la estructura

del sedimentador, cada sedimentador tiene una capacidad de 10.924 litros (10,24 m³), y la planta posee dos de los mismos, al ir subiendo la lámina de agua, esta pasa a través de unas pantallas de decantación, y cuando llega al límite el agua sedimentada se transporta por un canal hacia los filtros.



Figura 23 Canal de entrada a los sedimentadores. Fuente propia.



Figura 24 Módulo de decantación y canal de transporte de agua sedimentada. Fuente propia.

El canal de transporte del agua sedimentada llega hasta el final de la estructura de la planta, donde se vierte sobre un solo canal, el cual cumple la función de distribuir el agua proveniente del proceso de sedimentación a los filtros, esta agua cae por gravedad al fondo de la estructura de los filtros, donde en una sección sube su nivel hasta encontrar la superficies de los lechos filtrantes, y luego hace el proceso de filtración donde el agua filtrada cae al falso fondo y pasa a la cámara de agua filtrada, y de nuevo sube el nivel de la lámina de agua hasta encontrarse con el canal de recolección de agua filtrada. Cada cámara con lecho filtrante tiene una capacidad de 1.190 litros (1,19 m³), y la estructura posee 4 de estas cámaras. Las cámaras de recolección de agua filtrada poseen una capacidad de 1.260 litros (1,26 m³) y también hay 4 de estas.

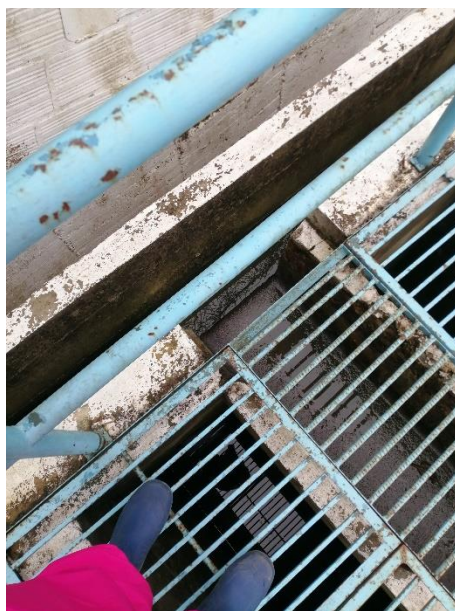


Figura 25 Canal de distribución de agua sedimentada. Fuente Propia.



Figura 26 Lecho filtrante. Fuente propia.



Figura 27 Cámara de agua filtrada. Fuente propia.

Luego de haber sido filtrada el agua, esta llega al canal de recolección, donde es conducida por un canal, hasta una tubería que la transporta hacia el tanque de almacenamiento.



Figura 28 Canal de recolección de agua filtrada. Fuente propia.

El agua filtrada es conducida por una tubería que la lleva al tanque de almacenamiento. Esta ingresa por la misma tubería hasta la parte baja del tanque y allí mismo se aplica el cloro para su desinfección. El tanque de almacenamiento tiene una capacidad de 76.160 litros (76,16 m³), y la planta solo posee un tanque de almacenamiento.



Figura 29 Tubería que conduce el agua filtrada al tanque de almacenamiento. Fuente propia.



Figura 30 Tanque de almacenamiento visto desde adentro. Fuente propia.

Otros de los elementos que encontramos dentro de la PTAP de la vereda Santa Bárbara es el cuarto de máquinas, donde reposa una motobomba, la cual es la encargada de enviar el agua tratada al tanque de distribución, y la bodega donde se almacenan tuberías y accesorios que son necesarios en los casos donde se presentan imprevistos o hay que hacer algún arreglo en las líneas de conducción, también se almacenan químicos como el cloro para la desinfección del agua y el sulfato de aluminio para la coagulación de las impurezas.



Figura 31 Almacenamiento de productos químicos. Fuente propia.



Figura 32 Almacenamiento de tuberías y accesorios. Fuente propia.



Figura 33 Cuarto de máquinas. Fuente propia.

En total, la estructura de la PTAP tiene una capacidad de 117.281 L, es decir aproximadamente 117 m³.

4.6.2 Cubia

En la planta de la vereda Cubia el primer elemento que encontramos es el pozo subterráneo del cual se obtiene el agua para su tratamiento, en este pozo se toma un caudal de 3 l/seg.



Figura 34 Pozo de succión. Fuente propia.

Seguido del pozo de succión, el agua es conducida a los tanques de filtrado, primero el agua es filtrada en 3 tanques de estos y después pasa a una segunda ronda de filtrado, donde esta vez se realiza solo en dos tanques de estos.



Figura 35 Tanques de filtración. Fuente propia.

Una vez el agua ha sido filtrada se le aplica el cloro para desinfectarla y también soda caustica para hacer una corrección de pH.



Figura 36 Aplicación de cloro y soda caustica. Fuente propia.



Figura 37 Tanques de dosificación de desinfectante y corrector de pH. Fuente propia.

Por último, el agua es conducida a los tanques de almacenamiento, los cuales están divididos en dos secciones, con una capacidad de 27 m³ en total.



Figura 38 Tanque de almacenamiento. Fuente propia.



Figura 39 Tanque de almacenamiento. Fuente propia.

Otro de los elementos que encontramos en la planta de tratamiento de la vereda Cubia es el cuarto de máquinas, donde se encuentran en su interior dos motobombas, las cuales se alterna el uso de estas para bombear el agua tratada desde los tanques de almacenamiento hasta los tanques de distribución. Además, en la parte trasera de la planta se encuentran almacenados los productos químicos necesarios para el tratamiento del agua.



Figura 40 Motobombas. Fuente propia.



Figura 41 Almacenaje de productos químicos. Fuente propia.

4.7 Análisis cuantitativo de los componentes de las PTAPS

En este capítulo se analizan los tiempos de retención en cada uno de los componentes de las PTAPS y se determina el tiempo que deben operar los sistemas de potabilización para lograr dotar a la población en el tiempo de estudio de este proyecto.

4.7.1 Santa Bárbara

La PTAP de la vereda Santa Bárbara cuenta con una capacidad total de 117 m³. Con los datos de caudal de entrada a la PTAP y el volumen de cada uno de los componentes anteriormente mencionados tenemos que actualmente la Planta de Tratamiento de Agua potable presenta un tiempo de retención en sus componentes calculado con la siguiente ecuación:

$$TRH = \frac{Volumen (m^3)}{Caudal (\frac{m^3}{seg})}$$

En el tanque de quietamiento

$$TRH = \frac{0,3 m^3}{0,0025 \frac{m^3}{seg}} = 120 seg = 2 minutos$$

En los floculadores

$$TRH = \frac{6,16 m^3}{0,0025 \frac{m^3}{seg}} = 2464 seg = 41 minutos$$

En los sedimentadores

$$TRH = \frac{5,35 m^3}{0,0025 \frac{m^3}{seg}} = 2143 seg = 35 minutos$$

Los filtros de la PTAP corresponden a filtros rápidos de medio filtrante de grava y arena, el parámetro dado por la Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de Vivienda para este tipo de componente es de 180- 350 m³/m²*día, en nuestro caso: filtro

$$Tasa de filtración = \frac{Caudal (m^3/día)}{Longitud * Ancho (m^2)} = \frac{216 m^3/día}{0,7m * 1,0m} = 308,57 m^3/m^2 * día$$

Siendo así, se cumple actualmente con lo establecido en la norma nacional, además se realizan los cálculos pertinentes para analizar la capacidad de la PTAP en cada uno de sus componentes.

4.7.1.1 Mezcla rápida

Tabla 9 Recopilación Tasa de Retención Hidráulica según diferentes autores.

RECOPILACIÓN RANGOS DE TRH MEZCLA RÁPIDA	
PARÁMETRO	TASA DE RETENCIÓN HIDRÁULICA (seg)
AWWA	30- 40
RAS	-
Jairo Romero Rojas	30 – 60

Fuente: AWWA, RAS 2017, Jairo Romero Rojas.

La anterior tabla muestra los rangos del parámetro de Retención Hidráulica según los diferentes autores consultados. Tomando como referencia el mayor tiempo de retención, es decir 60 segundos, tenemos que en ese caso el máximo caudal a tratar en la mezcla rápida es:

$$Caudal = \frac{Volumen (m^3)}{TRH (seg)}$$

$$Caudal = \frac{0,3 m^3}{60 seg} = 0,05 \frac{m^3}{seg} = 5 \frac{L}{seg}$$

Es decir que, si se disminuye el tiempo de retención a 60 segundos, además de cumplir con la norma, es posible producir el agua que demanda la proyección de población para el año 2050, el cual es de 3,80 L/seg.

4.7.1.2 Floculación

Tabla 10 Recopilación rangos de Retención Hidráulica de los floculadores.

RECOPILACIÓN RANGOS DE TRH FLOCULACIÓN	
PARÁMETRO	TASA DE RETENCIÓN HIDRÁULICA (min)
AWWA	10- 60
RAS	40
Jairo Romero Rojas	10-80

Arboleda	10-80
----------	-------

Fuente: AWWA, RAS 2017, Jairo Romero Rojas, Arboleda.

Según los rangos recopilados de los diferentes autores, se elige trabajar con un Tiempo de Retención de 20 minutos:

$$Caudal = \frac{6,16 \text{ m}^3}{1200 \text{ seg}} = 0,005 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} = 5 \frac{\text{L}}{\text{seg}}$$

Es decir que si se disminuye el tiempo de retención en las unidades de floculación es posible cumplir con lo estipulado en la proyección de la Dotación para el año.

4.7.1.3 Sedimentación

Tabla 11 Recopilación rangos de Carga Hidráulica de diferentes autores.

RECOPIACIÓN RANGOS DE CARGA HIDRÁULICA SEDIMENTADORES	
PARÁMETRO	CARGA HIDRÁULICA (m ³ /m ² *día)
Arboleda	120-300
RAS	200- 300
CEPIS	60- 240

Fuente: Arboleda, RAS 2017, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

Dado que la PTAP de la vereda Santa Bárbara surte una población pequeña, se toma como referencia el rango dado por el CEPIS, en este caso se toma la Carga Hidráulica de 75 m³/m²*día.

$$Caudal = Carga \text{ Hidráulica} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}} \right) * Area (\text{m}^2) = Caudal = 75 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}} * 5,2 \text{ m}^2$$

$$Caudal = 390 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \frac{1000 \text{ L} * 1 \text{ día}}{1 \text{ m}^3 * 86400 \text{ seg}} = 4,5 \frac{\text{L}}{\text{seg}}$$

Siendo así, se tiene como resultado que con la carga hidráulica seleccionada es las dos unidades de sedimentación son suficientes para surtir a la población proyectada hasta el año 2050.

4.7.1.4 Filtros

El tiempo de retención propuesto por el RAS 2017 es menor a 120 m³/m²*día para los filtros rápidos con lecho simple. Dado que para el año 2050 se necesita operar la PTAP con un caudal de 3,8 L/seg, se procede a hallar la Carga Hidráulica necesaria:

$$Carga\ Hidráulica = \frac{Caudal\ (\frac{m^3}{día})}{Area\ (m^2)}$$

Se tienen 4 celdas de filtración, así que el área de los filtros es el siguiente:

$$\text{Área: } 0,6\text{ m} \times 0,7\text{ m} = 0,42\text{ m}^2 \times 4 = 1,68\text{ m}^2$$

$$Carga\ Hidráulica = \frac{4\ \frac{L}{seg} \left(\frac{86400\ seg * 1m^3}{1\ día * 1000\ L} \right)}{1,68\ m^2} = 205,7\ m^3/m^2 * día$$

Dado que la carga hidráulica necesaria para cubrir la demanda de la población futura es de 205,7 m³/m²*día y no cumple con el criterio dado por el RAS 2017, se recomienda cambiar el lecho filtrante por uno de arena y antracita para cumplir con la normativa.

4.7.2 Vereda Cubia

En la vereda Cubia el elemento de tratamiento presente es el filtro, consiste en filtros múltiples de 2 etapas; la primera etapa está compuesta por 3 filtros y la segunda etapa compuesta por 2 filtros, estos filtros contienen en su interior un lecho filtrante de antracita; la tasa de filtración según el RAS 2017 es de 180- 350 m³/m²*día. Estos son de forma cilíndrica, con una altura de 1,20 m y un radio de 0,38 m. Dado sus dimensiones se calcula el área del componente para hallar la Tasa de Retención Hidráulica:

$$Area\ de\ la\ base = Ab = \pi * r^2 = \pi * (0,38\ m)^2 = 0,45\ m^2$$

$$\text{Área } 1^{\circ}\text{ etapa} = 0,45\ m^2 \times 3\text{ unidades} = 1,35\ m^2$$

$$\text{Área } 2^{\circ}\text{ etapa} = 0,45\ m^2 \times 2\text{ unidades} = 0,9\ m^2$$

Haciendo un calculo con la mayor carga hidráulica permitida por el RAS 2017 y en la segunda etapa, ya que esta solamente cuenta con dos unidades filtrantes se tiene que:

$$Caudal = Carga\ Hidráulica \left(\frac{m^3}{m^2} * día \right) * Área\ 2^\circ\ etapa\ (m^2)$$

$$Caudal = 350 \frac{m^3}{m^2 día} * 0,9\ m^2 * \frac{1000\ L * 1\ día}{1\ m^3 * 86400\ seg} = 3,6 \frac{L}{seg}$$

Debido a que la cantidad filtros no es suficiente para cumplir con la demanda de dotación futura, se propone añadir un filtro en cada una de las etapas para cumplir con la normativa y con la proyección. Siendo así, se tiene que:

$$Área\ 1^\circ\ etapa\ PROPUESTA = 0,45\ m^2 * 4\ unidades = 1,8\ m^2$$

$$Área\ 2^\circ\ etapa\ PROPUESTA = 0,45\ m^2 * 3\ unidades = 1,35\ m^2$$

$$Caudal = Carga\ Hidráulica \left(\frac{m^3}{m^2} * día \right) * Área\ 2^\circ\ etapa\ PROPUESTA\ (m^2)$$

$$Caudal = 350 \frac{m^3}{m^2 día} * 1,35\ m^2 * \frac{1000\ L * 1\ día}{1\ m^3 * 86400\ seg} = 5,46 \frac{L}{seg}$$

Con la propuesta anterior es suficiente para cubrir la demanda futura hasta el año 2050, ya que para este año se necesita producir la misma cantidad de agua potable.

4.8 Influencia en proyectos futuros

Dado que el municipio de Bojacá hace parte de los municipios que conforman la Sabana de Bogotá es importante tener en cuenta los proyectos que se desarrollarán en esta zona que son de gran importancia para el desarrollo de la sociedad. Dentro de los proyectos que se encuentran contemplados para la zona de la sabana occidente y que causarán gran impacto en las poblaciones aledañas, entre estas la del municipio de Bojacá tenemos el proyecto del Regiotram de occidente, la región metropolitana de la Sabana y la ampliación del aeropuerto El Dorado. A

continuación, se describen los proyectos anteriormente mencionados, la influencia que estos tiene sobre la población del municipio de Bojacá y como afectan estos a las poblaciones veredales que son materia de este proyecto de investigación.

4.8.1 Región Metropolitana de la Sabana

El proyecto de la región metropolitana de la sabana propone la creación de una administración que tenga facultades de decisión sobre la ciudad de Bogotá y los municipios aledaños a esta, con el fin de mejorar los procesos de planificación del territorio en cuanto a materia ambiental, territorial y de vivienda, servicios públicos, movilidad y transporte, logística, disposición de recursos sólidos entre otros factores. Todo esto para que a futuro la región sea una región eficiente, donde los proyectos que se proponen se desarrollen de manera armónica y organizada entre los municipios que conforman esta región.

A la fecha, la creación de la región metropolitana de la sabana se encuentra en una etapa inicial y no es un hecho, pero ya se encuentra radicado el proyecto de la propuesta. Teniendo en cuenta que cada municipio es autónomo para pertenecer o no, estos entrarían a desarrollar proyectos en conjunto con los municipios vecinos. Y si es el caso del municipio de Bojacá y su decisión de pertenecer, este colaboraría en los futuros proyectos que se formulen para este territorio. Como la disposición de agua potable es vital para el desarrollo de una comunidad, el municipio de Bojacá colaboraría con los demás municipios vecinos en la producción y distribución de este recurso, siendo necesario que este produjera una cantidad mayor de la que se tiene proyectada y de la que se produce actualmente, así que en ese caso sería necesaria la ampliación de las PTAP que administra el municipio.

4.8.2 Regiotram de occidente

El propósito del Regiotram de occidente es conectar la ciudad de Bogotá con los municipios aledaños de la zona occidente de la ciudad capital. Actualmente este proyecto se está ejecutando, tendrá 39,6 kilómetros de longitud y va desde la Avenida calle 26 con Caracas hasta

el municipio de Facatativá pasando por los municipios de Funza, Mosquera y Madrid, y se tiene proyectado que a futuro esta conecte con la primera línea del metro en la estación de Transmilenio de la calle 26 con Caracas, beneficiando así a miles de personas que se trasladan desde estos municipios hasta la capital del país.

Debido a que el agua es una necesidad básica, es importante que los usuarios de los grandes sistemas de transporte tengan acceso a esta, y dado que la línea del Regiotram cruzará por el sector de El Corzo, el cual es el punto más cercano entre la línea férrea y la cabecera municipal del municipio de Bojacá, es posible que este aporte parte de su producción de agua potable para la disposición de esta a los usuarios del Regiotram.

4.8.3 Ampliación del aeropuerto El Dorado

Este proyecto se planteó hace unos años debido a que el aeropuerto internacional El Dorado está llegando a su capacidad máxima y la cantidad de viajeros y vuelos que entran y salen a esta terminal aérea. Este proyecto propuso la construcción de una nueva terminal situada entre los municipios de Madrid y Facatativá, en el sector conocido como El Corzo, y uno de los aspectos importantes de este proyecto es que estará conectado al Regiotram de Occidente, para facilitar el transporte de los pasajeros desde la nueva terminal aérea hasta el centro de la ciudad de Bogotá y los municipios aledaños. Actualmente el proyecto de la construcción de la nueva terminal aérea conocida como El Dorado 2 no ha iniciado su ejecución por la falta de la licencia ambiental emitida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), pero este proyecto hasta la fecha no se encuentra descartado.

Dado que este proyecto se ejecutará en el sector de El Corzo, un sector cercano a la cabecera municipal del municipio de Bojacá es posible que este tenga que aportar parte de su producción de agua potable para el abastecimiento de los viajeros y operación de esta nueva terminal aérea.

Los proyectos anteriormente mencionados están previstos para llevarse a cabo a futuro, pero tienen gran significado e impacto en las comunidades que están involucradas, y como el municipio de Bojacá está bastante cerca del área de influencia de estos proyectos lo más probable es que este aporte parte de su producción de agua potable para el abastecimiento de los usuarios de estos futuros servicios. Teniendo en cuenta la proyección de población y la futura demanda de agua potable de los pobladores de las veredas Santa Bárbara y Cobia, se podría deducir que la PTAP de la vereda Santa Bárbara para el año 2050 no tiene necesidad de ampliar su estructura para la producción de agua potable, lo más factible es que se aproveche la capacidad de producción de esta PTAP para abastecer no solo a los pobladores de la vereda Santa Bárbara, sino que también a las veredas vecinas o este recurso sobre producido se envíe al casco urbano para su aprovechamiento en el aporte a los proyectos que se tienen previstos para la región.

5 CONCLUSIONES

- Se registra un índice de agua no contabilizada (IANC) de 28% para la PTAP Santa Bárbara y de 16% para la PTAP Cubia, una de las posibles causas es la falta de mantenimiento de las redes de distribución, fugas, mal funcionamiento de válvulas o el uso de la dotación de agua potable para riegos de cultivos familiares.
- De acuerdo a la proyección de la demanda del servicio de agua potable de la vereda Santa Bárbara, el estado actual de la PTAP cumplirá a cabalidad con su producción para el año 2050, lo que indica que esta no necesita ser actualizada y se mantendrá la estructura como está en los próximos 25 años, pero trabajando con un caudal aumentado y mayores tiempos de producción para satisfacer la demanda de la población
- Según los cálculos obtenidos de la proyección de la demanda de la vereda Cubia, es necesario que para el año 2050 esta PTAP amplíe su producción debido al crecimiento poblacional que tiende a tener la comunidad que se surte de esta estructura, para esto se propone añadir dos filtros, uno en cada etapa de filtración para cumplir la demanda de dotación.
- El tratamiento que recibe el agua en ambas veredas es el adecuado para el consumo humano según los resultados arrojados en los análisis de las muestras de las PTAPS, y además se cumple a cabalidad con los parámetros establecidos por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Se obtuvo el levantamiento de los planos arquitectónicos de las PTAPS de las veredas Santa Bárbara y Cubia, para el desarrollo de futuros proyectos y la consulta de la comunidad.

6 RECOMENDACIONES

- Hacer mantenimiento de las redes de distribución de agua potable para corregir las pérdidas ocasionadas por fugas, deterioro de las tuberías de distribución, conexiones clandestinas o mal funcionamiento de las válvulas.
- Hacer mantenimiento a las tuberías que entran y salen de las motobombas de la vereda Cubia, ya que se evidencia oxido en la parte exterior de estas.
- Cambiar el lecho filtrante de los filtros de la vereda Santa Bárbara por uno de arena y antracita para trabajar con una mayor carga hidráulica y cumplir con la recomendación del reglamento.
- Añadir una unidad filtrante en cada etapa de filtración de la vereda Cubia antes de finalizado el tiempo de observación de este trabajo de grado (año 2050), para cumplir con la demanda de la dotación y cubrir la necesidad de los pobladores.
- Realizar una limpieza eficiente de los filtros de la vereda Santa Barbara, para mejorar el proceso de filtrado al final de tratamiento y cumplir con la recomendación de la Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de Vivienda donde se recomienda que esta limpieza se realice mínimo cada 6 meses.
- El tanque de almacenamiento de la vereda Santa Bárbara presenta fisuras y exposición de los hierros al interior de este, por lo que es necesario corregir estos deterioros para evitar una posible contaminación y riesgos a la salud.
- Reemplazar las láminas de decantación de los sedimentadores de la PTAP Santa Bárbara por unas de un material adecuado para evitar riesgos a la salud, ya que las actuales se encuentran en un estado que no son funcionales.
- Utilizar el adecuado equipo de dosificación en la PTAP Santa Bárbara para ser más precisos con la cantidad de coagulante que recibe el tratamiento.

- Realizar la aplicación del sulfato de aluminio en el fondo del tanque de aquietamiento de la PTAP de la vereda Santa Bárbara para aprovechar la presión de llegada al tanque y que se realice el proceso de la mezcla rápida.

7 REFERENCIAS

Ministerio de salud, Subdirección de salud ambiental, (9 de julio 2015). ABECÉ del agua y saneamiento básico.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/abc-agua.pdf>

Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS, (2017).

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Bogotá, Colombia.

Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS, (2000).

Ministerio de Desarrollo Económico. Bogotá, Colombia.

SENA, (1999). Operación y Mantenimiento de plantas de Potabilización de Agua. Ministerio de Desarrollo Económico.

https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html#

Romero, JA (2009). Calidad del agua. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

Resolución 2115 de 2007 (22 de junio 2007). Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/resolucion_minproteccion_2115_2007.htm

Arboleda, J (1992). Teoría de la Coagulación del Agua. Ed. Acodal, Colombia.

Romero JA (1999). Potabilización del Agua. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

Organización Panamericana de la Salud, (1996). La desinfección del agua. Organización

Panamericana de la Salud. <http://www.elaguapotable.com/aguadesi.pdf>

Facsa.com, (2017). La dureza del agua. <https://www.facsa.com/la-dureza-del-agua/>

Mapas y estadísticas de Cundinamarca, (2020). Municipio de Bojacá.

<https://mapasyestadisticas-cundinamarca-map.opendata.arcgis.com/documents/municipio-de-bojaca/explore>

TerriData, (2018). Fichas y tableros, Bojacá, Cundinamarca. <https://terridata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles/25099>

DANE, (2022). Estadísticas por tema, demografía y población.

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>

EPM, (2012). Proyecto Nueva Esperanza, capítulo 3.4.

https://www.epm.com.co/site/portals/o/documentos/Nueva%20Esperanza/CAP_3.4.pdf

Gina, S. (8 de diciembre de 2022). Estos 3 proyectos ferroviarios conectarán a Bogotá con municipios aledaños. *Alcaldía de Bogotá*. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/proyectos-ferroviarios-conectaran-bogota-con-los-municipios-aledanos>

César, M. (20 e agosto de 2019). El proyecto que busca crear la Región Metropolitana de la Sabana. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/bogota/proyecto-de-ley-que-busca-crear-la-region-metropolitana-de-la-sabana-402842>

CEPIS, (2002). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua, Manual de capacitación para operadores.

Portafolio. (21 de enero de 2020). Avanza proyecto de \$9,3 billones para ampliación de El Dorado. *Portafolio*. <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/avanza-proyecto-de-9-3-billones-para-ampliacion-de-el-dorado-537311>

www.iagua.es (2016). Conocimientos básicos sobre Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Módulo 1). <https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-modulo-i#:~:text=Las%20Plantas%20de%20Tratamiento%20son,se%20involucra%20ninguna%20reacci%C3%B3n%20qu%C3%ADmica>.